

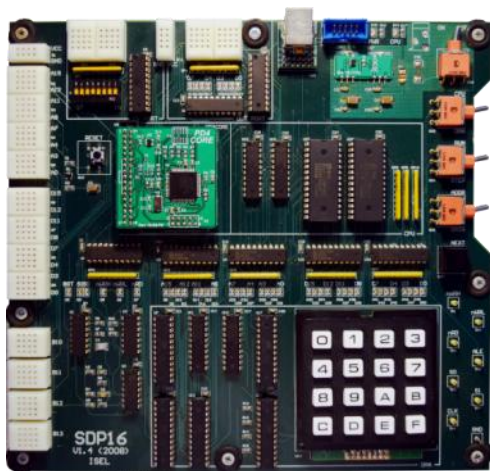


# ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

## Placa de Desenvolvimento SDP16

### Manual de Utilização



Março de 2023

DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA  
ELECTRÓNICA E  
TELECOMUNICAÇÕES E DE  
COMPUTADORES

Grupo  
Disciplinar  
Arquitetura de  
Computadores

# Índice

1	Descrição Geral.....	1
2	Processador P16 .....	1
3	Memória.....	3
4	Portos paralelos de entrada e de saída.....	3
5	Mostrador de sinais .....	5
6	Módulo passo-a-passo .....	5
7	Canal de teste remoto .....	6
8	Canal de programação .....	6
9	Alimentação elétrica.....	6
10	Revisões ao documento.....	7

# 1 Descrição Geral

A placa de desenvolvimento SDP16 constitui um sistema didático para exploração do processador P16, pretendendo-se que sirva para apoiar o estudo da programação em linguagem *assembly* P16, dos mecanismos de endereçamento usados pelo P16 no acesso aos dispositivos de memória e aos periféricos, de técnicas de exploração de dispositivos periféricos e do subsistema de interrupção externa do P16.

A placa inclui 32 KB de memória do tipo RAM, acessíveis *word-wise* e *byte-wise*, e disponibiliza dois portos de 8 bits, um de entrada e outro de saída, para interação com o exterior. Para expansão do sistema, a placa dispõe de um conector onde estão disponíveis todos os sinais associados à interface de *bus* e ao subsistema de interrupção externa do P16.

Na Figura 1 é apresentada a vista de topo da placa, onde se identificam os seus principais módulos funcionais:

- Processador P16;
- Módulo de memória RAM para armazenamento de programas e dados;
- Portos paralelos de entrada e saída a 8 bits;
- Mostrador dos sinais dos barramentos de controlo, endereços e dados;
- Módulo DMA para acesso aos subsistemas de memória e periféricos (em Inglês, I/O);
- Módulo passo-a-passo para teste local dos programas;
- Canais de comunicação para teste remoto de programas e operações de manutenção do P16;
- Fonte de alimentação.

## 2 Processador P16

O processador P16 está ligado à placa SDP16 através de duas fichas. A ficha de 34 pinos faz a interligação da placa SDP16 com todos os sinais de dados e controlo do P16. Nesta ficha estão disponíveis os sinais:

- |              |   |
|--------------|---|
| <b>MCLK</b>  | - Sinal de onda quadrada com frequência 50 kHz e <i>duty cycle</i> de 50%, determinado por malha de condensador e resistência;  |
| <b>RESET</b> | - Sinal que assegura a ação de <i>reset</i> ao processador no estabelecimento e na falha/restabelecimento da alimentação ( <i>power on</i> e <i>power fail</i> ), bem como aquando do pressionar do botão de pressão SW2, recorrendo a uma malha não linear composta por resistências, condensador e diódo; |
| <b>EINT</b>  | - Entrada de interrupção externa do P16;  |

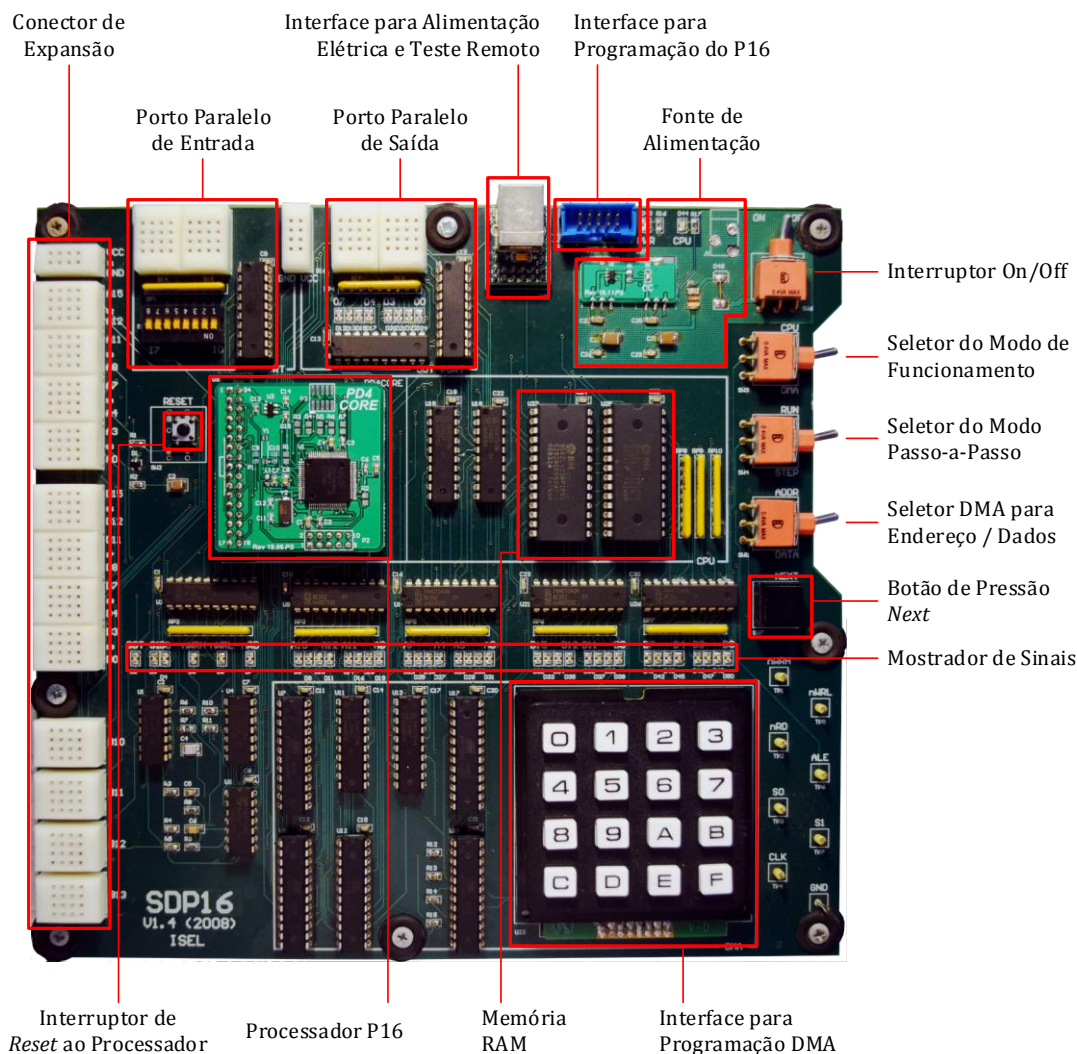


Figura 1 - Diagrama de blocos do sistema didático SDP16

- AD** - Barramento de 16 bits para comunicação, multiplexada, dos endereços e dados, que são validados pelos seguintes sinais:
- **ALE** (*Address Latch Enable*), para validação dos endereços;
  - **RD** (*Read*), para validação dos dados lidos de memória ou periféricos;
  - **WRL** e **WRH** (*Write Low* e *Write High*), para validação dos dados a escrever em memória ou periféricos, com granularidade de acesso ao byte.
- BREQ** - O sinal *Bus ReQuest* é utilizado para pedir ao P16 que liberte o *bus*;
- BGNT** - O sinal *Bus GranT* indica a disponibilidade do *bus* ao periférico que o requereu;
- RDY** - O sinal *ReaDY* serve para fazer o P16 entrar em estado de espera.

A outra ficha, com 10 pinos, suporta a interação com o programa monitor incluído no *firmware* do processador.

### 3 Memória

A placa SDP16 tem instalado dois dispositivos de memória RAM (U23 e U25), cada um com capacidade 16 KB, acessíveis na gama de endereços 0x0000 a 0x7FFF do espaço de endereçamento do processador.

A decodificação desta gama de endereços é implementada por uma PAL ATF750C instalada na placa (U12). Esta PAL também disponibiliza os sinais de seleção para os dois portos paralelos instalados na placa SDP16 (ver secção 4), criando o mapeamento ilustrado na Figura 2.

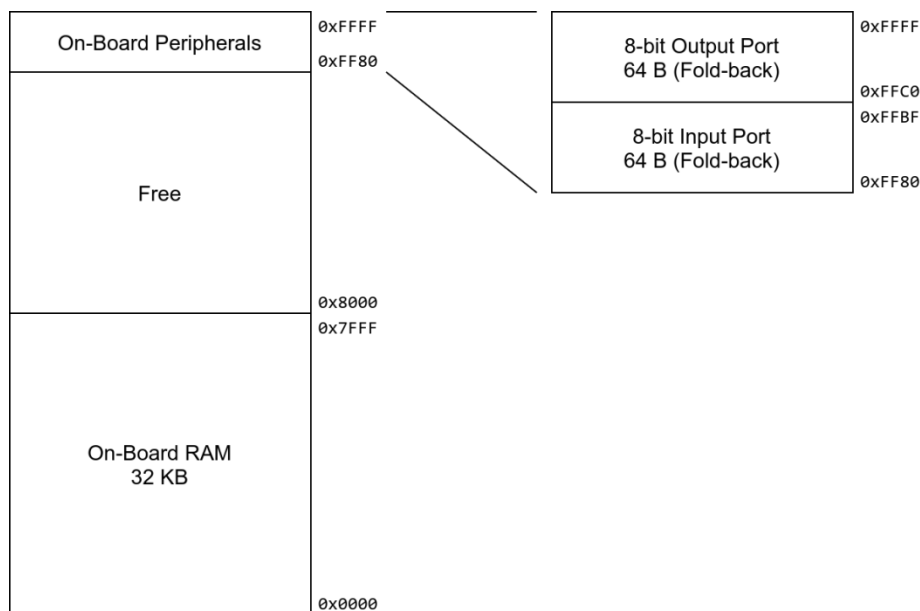


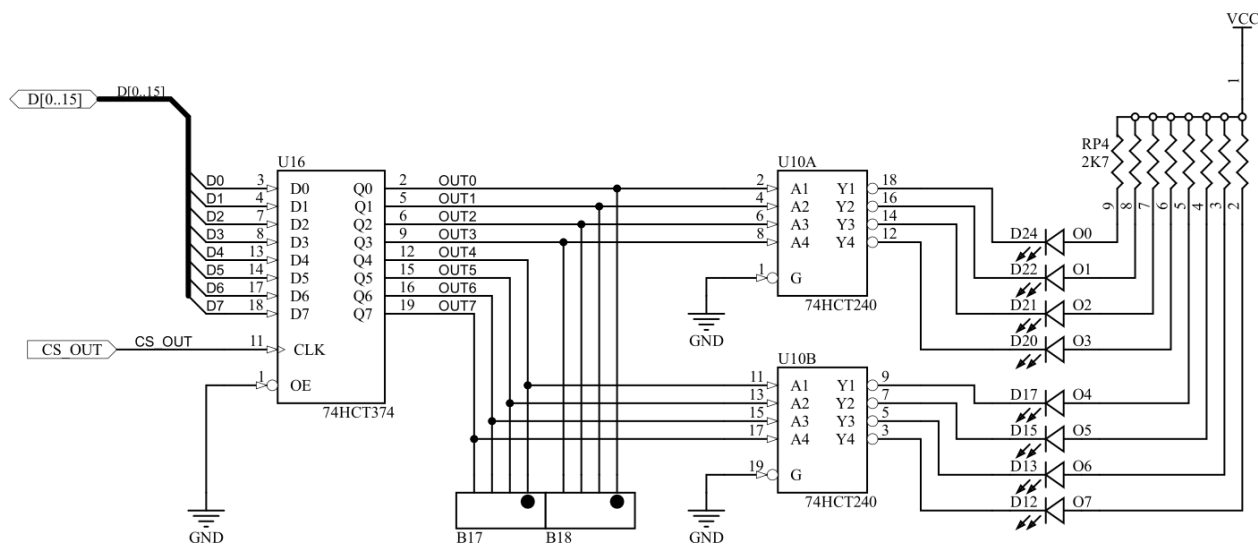
Figura 2 - Mapa de endereçamento da placa SDP16

O decodificador de endereços implementado na PAL U12 disponibiliza ainda sinais de seleção - **nCS\_EXT0** e **nCS\_EXT1** - para outras duas zonas do mapa de endereçamento, cada uma com dimensão 64 B. O sinal **nCS\_EXT0** está associado à gama de endereços 0xFF00 a 0xFF3F, enquanto o sinal **nCS\_EXT1** está associado à gama de endereços 0xFF40 a 0xFF7F. Ambos os sinais estão disponíveis no TPB (*Tie Point Block*) B13, com o propósito de os tornar acessíveis aquando da implementação de trabalhos práticos que necessitem de explorar outros dispositivos mapeados no espaço de endereçamento do processador.

### 4 Portos paralelos de entrada e de saída

A placa SDP16 inclui dois portos paralelos de oito bits, um de entrada e outro de saída. Estes dois periféricos possibilitam a realização de alguns trabalhos práticos envolvendo o subsistema de entradas e saídas (E/S) do processador P16, sem necessidade de montagem de componentes adicionais.

Ao porto de saída estão associados outros dois TPB (B17 e B18) e oito LED, conforme se indica na Figura 1. Os *buffers* U10A e U10B asseguram a impedância e os níveis de tensão adequados para a interligação do porto de saída aos LED. Os LED acendem quando o bit correspondente no porto de saída apresenta o valor lógico '1', conforme ilustrado na Figura 4.



Página 4

## 5 Mostrador de sinais

A placa SDP16 permite observar numa fila de LED a informação presente nos barramentos de dados (**D<sub>0-15</sub>**), endereço (**A<sub>0-15</sub>**) e controlo (**nRD**, **nWRL**, **nWRH**) do P16. Esta fila de LED inclui ainda três LED para informar sobre o estado dos sinais **BGT**, **S0** e **S1**, conforme se pode observar na Figura 1.

Estes 38 sinais são ainda disponibilizados em TPB, também destacados na Figura 1, através de *line drivers*, designadamente nos TBP B2 a B5, no caso do barramento de endereços, TBP B6 a B9, no caso do barramento de dados, TBP B10, no caso dos sinais de controlo, e TBP B11, no caso dos sinais **BGT**, **S0** e **S1**.

Os restantes sinais da interface externa do P16, bem como alguns sinais gerados pelo SDP16 para suportar a realização de exercícios de laboratório, são disponibilizados no conector de expansão implementado pelos TPB B10 a B13. Na Tabela 1 explicitam-se os sinais disponibilizados em cada TPB.

Sinal	TPB	Linha
<b>A<sub>0</sub></b>	B5	4
<b>A<sub>1</sub></b>	B5	3
<b>A<sub>2</sub></b>	B5	2
<b>A<sub>3</sub></b>	B5	1
<b>A<sub>4</sub></b>	B4	4
<b>A<sub>5</sub></b>	B4	3
<b>A<sub>6</sub></b>	B4	2
<b>A<sub>7</sub></b>	B4	1
<b>A<sub>8</sub></b>	B3	4
<b>A<sub>9</sub></b>	B3	3
<b>A<sub>10</sub></b>	B3	2
<b>A<sub>11</sub></b>	B3	1
<b>A<sub>12</sub></b>	B2	4
<b>A<sub>13</sub></b>	B2	3
<b>A<sub>14</sub></b>	B2	2
<b>A<sub>15</sub></b>	B2	1

a) Bus de endereços

Sinal	TPB	Linha
<b>D<sub>0</sub></b>	B9	4
<b>D<sub>1</sub></b>	B9	3
<b>D<sub>2</sub></b>	B9	2
<b>D<sub>3</sub></b>	B9	1
<b>D<sub>4</sub></b>	B8	4
<b>D<sub>5</sub></b>	B8	3
<b>D<sub>6</sub></b>	B8	2
<b>D<sub>7</sub></b>	B8	1
<b>D<sub>8</sub></b>	B7	4
<b>D<sub>9</sub></b>	B7	3
<b>D<sub>10</sub></b>	B7	2
<b>D<sub>11</sub></b>	B7	1
<b>D<sub>12</sub></b>	B6	4
<b>D<sub>13</sub></b>	B6	3
<b>D<sub>14</sub></b>	B6	2
<b>D<sub>15</sub></b>	B6	1

b) Bus de dados

Sinal	TPB	Linha
<b>nRD</b>	B10	1
<b>nWRL</b>	B10	2
<b>nWRH</b>	B10	3
<b>ALE</b>	B10	4
<b>RST_EXT</b>	B11	1
<b>CLK</b>	B11	2
<b>S0</b>	B11	3
<b>S1</b>	B11	4
<b>BGNT_EXT</b>	B12	1
<b>BREQ_EXT</b>	B12	2
<b>RDY_EXT</b>	B12	3
<b>nINT_EXT</b>	B12	4
<b>RFU0</b>	B13	1
<b>-</b>	B13	2
<b>nCS_EXT0</b>	B13	3
<b>nCS_EXT1</b>	B13	4

c) Outros sinais

Tabela 1 – Lista de sinais disponibilizados no conector de expansão da placa SDP16

## 6 Módulo passo-a-passo

A placa SDP16 inclui um módulo destinado a suportar a execução dos programas em modo passo-a-passo (em Inglês, *single cycle*). Esta funcionalidade permite o estudo dos ciclos do P16, sendo também particularmente útil no *debugging* do hardware envolvido em trabalhos de laboratório, ajudando, com o auxílio de pontas-de-prova, a detetar erros de montagem ou de projeto.

A funcionalidade passo-a-passo é selecionada usando o interruptor de alavanca SW4, que deve ser colocado na posição STEP. Nesta configuração, o P16 executa um ciclo máquina de cada vez que o botão de pressão NEXT (SW7) é atuado. A informação disponibilizada no mostrador de sinais (ver secção 5)

corresponde aos valores presentes nos barramentos de dados, endereço e controlo do P16 associados à obtenção do código da próxima instrução a executar (fase *fetch*), ou à execução do segundo ciclo das instruções de acesso à memória (*ldr*, *ldrb*, *str*, *strb*, *push* e *pop*).

## 7 Canal de teste remoto

A placa SDP16 disponibiliza uma interface para comunicação com o programa monitor incluído no *firmware* do processador P16, responsável pela interação com um *debugger* para o carregamento em memória dos programas e o suporte em *hardware* à sua execução em modo de teste.

Esta interface é implementada por um módulo DLP-USB232R (U20), conforme se indica na Figura 1, que inclui um conector USB fêmea do tipo B e um circuito integrado FT232R do fabricante FTDI. Este circuito integrado assegura a implementação de um canal de comunicação série *full duplex* entre o programa monitor e o *debugger* do sistema *host* através de uma ligação USB 2.0. A comunicação é assíncrona a 10 bits (oito bits de dados, um bit de *start* e um bit de *stop*), com uma taxa de transferência de dados (em Inglês, *baud rate*) de 57600 bps.

## 8 Canal de programação

A placa SDP16 disponibiliza um canal dedicado para a atualização do *firmware* do módulo responsável pela implementação do processador P16. Este canal é acessível do exterior através de uma fixa IDC *standard* de 10 pinos (P1).

## 9 Alimentação elétrica

A energia elétrica necessária ao funcionamento da placa SDP16 é fornecida também através do conector USB fêmea do tipo B instalado na placa (U20). Neste conector deve ser aplicada uma tensão elétrica contínua com um valor entre os 4,40 V e 5,25 V. A corrente máxima exigida a esta fonte de energia é inferior a 500 mA, o que permite que a placa SDP16 possa ser alimentada via porta USB de um computador.

A tensão de funcionamento da placa SDP16 é assegurada por uma fonte de alimentação que está implementada na própria placa, conforme se indica na Figura 1. Esta fonte de alimentação é baseada no módulo USB232R da DLP (U20) e confere proteção contra curto-circuitos e sobrecargas de corrente, não apenas para a placa SDP16 e os periféricos que lhe sejam acoplados, mas também para a fonte de energia elétrica externa.

Para que o sistema funcione, após a ligação da energia elétrica é ainda necessário posicionar o interruptor de alavanca SW6 na posição ON. Nesta situação, o LED D40 está aceso.



## 10 Revisões ao documento

<b>Versão</b>	<b>Data</b>	<b>Autor</b>	<b>Alterações</b>
3.1	13-03-2023	Tiago M Dias	Revisão da secção 3 para adequação à nova localização dos portos paralelos de 8 bits instalados na placa. Foram também feitas pequenas alterações ao texto e atualizadas a Figura 3 e a Figura 4, bem como a Tabela 1.
3.0.1	29-11-2022	Tiago M Dias	Correção do nome do sinal associado à entrada de interrupção externa do processador na tabela 1.
3.0	29-06-2020	Tiago M Dias	Revisão para adequação à versão que inclui o processador P16, o que compreendeu a reformulação dos textos de todas as secções e a atualização ou adição das figuras associadas. Foi também incluído o índice e a secção “Revisões ao documento”.
2.0	25-11-2015	José Paraíso	Correções várias ao documento original.
1.0	18-11-2015	José Paraíso	Criação do documento tendo por base o processador PDS16.